

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоприймання та оброблення сигналів

До захисту допущено:

В.о.зав. кафедри

_____ Мовчанюк А.В.

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Радіозв'язок і оброблення сигналів»

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Побутовий дозиметр»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи РА-П71

Куций Ігнат Олександрович _____

Керівник:

асистент

Титенко Олександр Трохимович _____

Консультант з охорони праці

к.б.н., доцент

Гусєв Аркадій Миколайович _____

Рецензент:

к.т.н., доцент каф. РТПС

Головня В.М. _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ
2020

АНОТАЦІЯ

Метою Дипломного проекту є розробка побутового дозиметра максимально компактних розмірів для використання в природних та побутових умовах, для оперативної фіксації радіоактивних забруднень та персонального визначення рівня накопиченої дози.

Для досягнення вказаної мети були проведені порівняння вже з існуючими рішеннями, визначений перелік потрібного функціоналу приладу, обрана елементна база , спроектована друкована плата та корпус.

ANNOTATION

The purpose of the work is to develop a household dosimeter of the most compact size for use in natural and domestic conditions, for prompt fixing of radioactive contamination and for personal determination of the accumulated dose level.

To achieve this goal, comparisons were made with existing solutions, a list of the required functionalities of the device was deduced,
selected base, designed circuit board and housing.

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	3
Вступ.....	4
1 Аналіз технічного завдання	5
1.1 Огляд існуючих рішень	5
1.2 Аналіз використання пристрою.....	10
1.3 Аналіз технічного завдання.....	11
1.3.1 Призначення.....	11
1.3.2 Умови експлуатації.....	11
2 Обґрунтування вибору елементної бази.....	13
2.1 Компоненти поверхневого монтажу.....	13
2.1.1 Вибір МК.....	13
2.1.2 Вибір резисторів та конденсаторів.....	14
2.1.3 Вибір діодів.....	14
2.1.4 Вибір транзисторів та мікросхем.....	15
2.2 Компоненти наскрізного монтажу.....	16
2.2.1 Вибір кварцевого резонатору.....	16
2.2.2 Вибір тактових кнопок.....	17
2.2.3 Вибір лічильника (детектора випромінювання)	17
3 Розроблення друкованої плати	20
3.1 Огляд структурної схеми пристрою.....	20
3.2 Принцип роботи побутового дозиметра.....	21
3.3 Розрахунок мінімальної площі плати	22
3.4 Розрахунок розмірів контактних майданчиків.....	23
3.5 Розрахунок ширини провідників.....	24

					РА71.412111.001 ПЗ					
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Побутовий дозиметр			Лім.	Лист	Листів
Розробив	Куций І.О.									
Перевірів	Титенко О. Т.								1	
								РА-п71 РТФ		
Н. Контр.										
Затвердив										

3.6 Трасування друкованої плати.....	26
4 Огляд готової конструкції та аналіз працездатності.....	28
4.1 Огляд конструкції корпусу.....	28
4.2 Розрахунок надійності за раптовими відмовами.....	31
4.3 Розрахунок стійкості друкованого вузла до коливань.....	34
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	36
5.1 Огляд шкідливих та потенційно небезпечних факторів.....	36
5.2 Природнє та штучне освітлення виробничих приміщень.....	37
5.3 Вимоги до охорони праці під час збирання та налаштування...39	
5.5 Пожежна безпека.....	40
Висновки.....	41
Перелік джерел посилань.....	42
Додаток А. Технічне завдання.....	43
Додаток Б. Перелік елементів.....	44
Додаток В. Специфікація на друковану плату.....	47
Додаток Г. Специфікація на пристрій.....	50
Додаток Д. Розрахунок ДП.....	52
Додаток Е. Прототипування друкованих плат	54
Додаток Є. Макет.	55
Додаток Ж. Розрахунок вібростійкості.....	56

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП — Друкована плата

DSP — Digital signal processing

НРБ – Норми радіаційної безпеки

МК - мікроконтроллер

ТЗ – технічне завдання

SMD - surface mount device

ЕРЕ – електро-радіо елементи

РЕА – радіо-електронна апаратура

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Останнє століття спіткало світ декількома ядерними катастрофами. В великих містах досі в наявності пункти тимчасового зберігання радіо-активних відходів. Деякі території Київської, Житомирської областей (як прикордонні, так і житлові або відселені місцевості) рясно усіяні пост-аварійними викидами. Тому виникає потреба забезпечення населення особистими носимими дозиметричними пристроями, які об'єктивно висвітлюватимуть радіаційну обстановку та накопичену дозу.

Метою цього проекту є розробка персонального побутового дозиметра з максимально простим та зрозумілим інтерфейсом, компактною конструкцією та низькою ціною.

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд існуючих рішень

Зі сторони метрології дозиметричні прилади можна розділити за призначенням, за типом датчику, по виду вимірювань випромінювання. Загалом, прилади розділяються на наступні групи:

Індикатори – прилади радіаційної розвідки. Їх задача – банальна індикація наявності\відсутності випромінювання і орієнтовна оцінка їх потужності. Оснащені найпростішими звуковими\світловими сигналізаторами.

Рентгенометри – призначені для вимірювання потужності дози рентгеновського, або гамма-випромінювання.

Радіометри – використовуються для виявлення та визначення ступені радіоактивності забруднених поверхонь, обладнання, предметів побуту, об'ємів повітря або ґрунту.

Дозиметри – призначені для визначення сумарної дози локального опромінення. Індивідуальні дозиметри мають бути малогабаритними, і призначені в основному для вимірювання гамма-випромінювання.

На ринку радіометричного обладнання конкурентність не дуже висока, тому варто розглянути деякі споріднені зразки продукції для порівняння.

1. Дозиметр СоЭкс-01М. Зоображено на рис. 1.1



Рисунок 1.1 - Дозиметр СоЭкс-01М

Даний зразок оснащений кольоровим TFT екраном, та живиться від двох батарейок типу ААА. У своєму функціоналі має годинник, можливість записувати та зберігати данні вимірювань для подальшого перегляду, тривожну сигналізацію та встановлення порогу рівня тривоги.

Основні технічні характеристики:

- Діапазон рівня радіоактивного фону, мкЗв\год до 999
- Реєструєма енергія гамма-випромінення, КеВ від 100
- Діапазон накопиченої дози , Зв до 999
- Похибка вимірювань +/- 25%
- Виробник – компанія СоЭкс, РФ
- Датчик СБМ-20-1

Переваги:

- Широкий діапазон вимірювань
- Можливість запису та перегляду вимірювань

Недоліки:

- Високе енергоспоживання через використання кольорового TFT екрану
- Відсутність державної та європейської сертифікації
- Вимірювання тільки гамма-випромінення

2. Терра (П) МКС-05. Зоображено на рис. 1.2



Рисунок 1.2 – дозиметр Терра (П) МКС-05

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист 6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вказана модель оснащена рідкокристалічним семисегментним чотирьохсимвольним індикатором, що також має поля для індикації заряду батареї та одиниць вимірювання. Конструкція захищена ударостійким корпусом. Живиться від двох батарейок типу ААА. З функціоналу має годинник та будильник. Має звукове та світлове сповіщення, поріг тривоги – 0.3 мкЗв.

Основні технічні характеристики:

- Діапазон рівня радіоактивного фону, мкЗв\год до 999
- Максимальна густина потоку бета-частинок, в якому можлива оцінка поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами, $1\text{ см}^2\cdot\text{хв}$. 10...100000
- Діапазон накопиченох дози , Зв до 999
- Похибка +\ - 15%
- Габаритні розміри, мм 55x26x120
- Виробник – компанія Екотест, Україна
- Датчик СБМ-20

Переваги:

- Ступінь захисту корпусу IP54
- Довгий час роботи на без зміни елементів живлення за рахунок використання екрану з низьким споживанням
- Сертифікований державною санітарно-гігієнічною експертизою № 5.10/6300 від 20.02.2002р
- Здатність вимірювати густину потоку бета-частинок

Недоліки:

- Відсутність налаштування порогу тривоги
- Відсутність вимкнення звукового сповіщення
- Відсутність можливості запису та перегляду вимірювань

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ДКГ-21М. Зображено на рисунку 1.3



Рисунок 1.3 – дозиметр ДКГ-21М

Персональний дозиметр у пило-вологозахищеному корпусі з високим ступенем захисту (IP54). Який створений спеціально для використання армією та підрозділами ДСНС, а також цивільної оборони в умовах поганої погоди, високих температурних коливань та запиленості. Використовується як персональний дозиметр, що відображає інформацію у даний момент часу автоматизованої системи індивідуального дозиметричного контролю. В енергонезалежній пам'яті зберігається історія накопичення дози з прив'язкою до реального часу та з можливістю передати її на комп'ютер для опрацювання. При перевищенні запрограмованих порогових рівнів по гамма-дозі спрацьовують світлова та звукова сигналізації. ДКГ-21М знаходиться на озброєнні Прикордонної Служби та підрозділів Національної Гвардії України.

Основні технічні характеристики:

- Потужність індивідуального еквівалента дози гамма-випромінень, мкЗв/год 0,1...1000000; (1...10; $\pm 20\%$; 10...1 Зв/год; $\pm 15\%$)
- Накопичення індивідуального еквівалента дози гамма-випромінення, мЗв 0,001...9999; $\pm 15\%$

- Реєструєма енергія гамма-випромінення, MeV 0,05...6,0;(0,05...1,25; $\pm 25\%$)
- Діапазон робочих температур °C -20...+50
- Виробник – компанія Екотест, Україна
- Датчик СБМ-21

Переваги:

- Ступінь захисту корпусу IP54
- Довгий час роботи на без зміни елементів живлення за рахунок використання екрану з низьким споживанням
- Здатність зберігати інформацію що до накопичення дози та надси-
лання їх до комп'ютеру
- Сертифікований Державною метрологічною службою

4. GMS-320, зображено на рис. 1.4

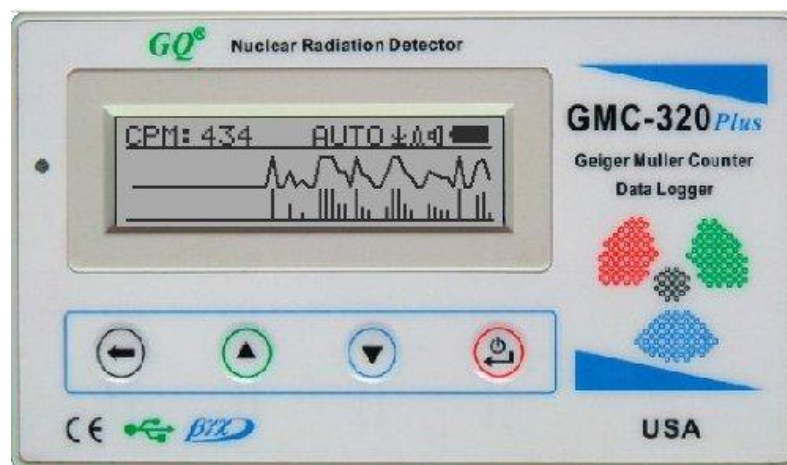


Рисунок 1.4 – дозиметр GMS-320

Прилад доволі не стандартної, але простої компоновки, початкового рівня використання та нижнього цінового діапазону. Є можливість перемика-
тись між різними одиницями виміру (Рентген, Зіверт). На екран виводиться невеликий графік, що дозволяє відслідковувати точки з найбільш високим випроміненням. Особливістю цього пристрою є те, що він здатен записувати історію вимірювань та надсилати його на комп'ютер, і обробляти за допомо-
гою спеціального програмного забезпечення (GQ Geiger Counter Data Viewer), що перетворює його у доволі цінний прилад.

Основні технічні характеристики:

- Реєструєма енергія гамма-випромінення, MeV 0.1...1
- Рідко-кристалічний матричний дисплей з під світлою
- Живлення від акумулятору 18650
- Датчик M4011 (сумісний з СБМ-20)
- Виробник –компанія GQ Electronics, США

Переваги:

- Низька ціна (близько 75\$)
- Комплектний датчик можна змінити на більш чутливий СБМ-20
- Можливість вимкнення звуку
- Можливість записувати, зберігати та переглядати історію вимірювань

Недоліки:

- Недостатньо чутливий датчик M4011

1.2 Аналіз використання пристрою

Згідно з технічним завданням потрібно розробити Побутовий дозиметр. Даний прилад буде використовуватись для вимірювання рівнів радіоактивного забруднення та накопичення дози у приміщеннях та на відкритому просторі, як індивідуальний пристрій. Технічне завдання вказане в Додатку А.

Конструкція приладу має бути максимально компактна. Пристрій має мати режими енергозбереження, зі стандартним живленням МК та екрану 3.3В, мати похибок вимірювання не більше ніж 25%. Кліматичні умови згідно ГОСТ-15150-69, захист від механічних пошкоджень – згідно ГОСТ 16019-2001. Особливих вимог до експлуатації не передбачено.

Даний тип пристрою є низькочастотним та не має високонавантажених ділянок схеми, тому особливих вимог до конструкції не має.

Спроектувати у Solidworks Корпус, що відповідає габаритам плати та датчику. В корпусі потрібно розмістити отвори для екрану та кнопок, а також Забезпечити розташування гамма-фільтру. Готовий пристрій огорнути піноматеріалом та запакувати в картонну коробку.

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз Технічного завдання

1.3.1 Призначення

Розроблюваний прилад призначений для вимірювання радіоактивного фону в приміщеннях та на відкритій місцевості. Для носіння в спеціальних нагрудних чохлах, кишенях, та ін., тобто використовується як індивідуальний переносний пристрій (ГОСТ 16019-2001, Р6)

Технічне Завдання на розробку пристрою вказано в Додатку А.

В ТЗ задані такі параметри:

- Вимірювання радіаційного фону по бетта та гамма випроміненню, мкРн, не менше ніж 60000

- Швидкість рахунку, секунд, не менше ніж -20

- Робочий діапазон температур -40...+50

- Струм споживання у режимі спокою не більше 25 мА

- Струм споживання у режимі накачки\вимірювання не більше 100 мА

Ці параметри необхідні для вибору лічильника, елементу живлення та стабілізатору напруги.

1.3.2 Умови експлуатації

Умови експлуатації виконані згідно ГОСТ-16019-2001. Переносна електроніка розміщується під час експлуатації безпосередньо в одязі або піо одязом користувача, а також в польових умовах та спорудах загального призначення (за дотриманням НРБ)

Кліматичне призначення – за ГОСТ-15150-69 – макрокліматичний район з помірним та холодним кліматом. Категорія розміщення 1 – для експлуатації на відкритому повітрі.

Згідно ГОСТ-15150-69 обрано категорію УХЛ-2.1:

- Температура навколишнього середовища -40...+50 (С)

- Відносна вологість 75% при 15 (С)

За для стійкого функціонування висовокольтної частини схеми (схема накачки) плату потрібно вимити у спирто-бензиновому розчині та покрити

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

лаком. Чистота плати та шар ізоляції – обов'язкова умова для нормальної роботи схеми накачки.

Для створення лакового покриття обраний лак Plastik 71. Його параметри:

- Діапазон робочих температур: -70....+150
- Електрична міцність на пробій: 60 кВ\мм

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

2.1 Компоненти поверхневого монтажу

Поверхневий монтаж, або SMD монтаж – технологія встановлення компонентів безпосередньо на поверхню ДП. Метод, що став на заміну наскрізного монтажу (у отвори), є значно компактнішим та ідеально підходить для низькопотужних ділянок схеми. Такі елементи мають значно меншу вагу та розміри, що дозволяють щільніше компонувати пристрій.

2.1.1 Вибір МК

Для прототипування пристрою мною був обраний вісьмибітовий AVR мікроконтролер Atmega-8 в корпусі TQFP-32, фірми Atmel. Компактний корпус для поверхневого монтажу, має 32 виводи з кроком 0.8 мм, що робить його придатним для ручного монтажу. Легко припаюється нагрівальним феном та паяльною пастою. Друковані виводи придатні для виготовлення методом ЛУТу. Ескіз корпусу вказаний на рис. 2.1

TQFP (32)

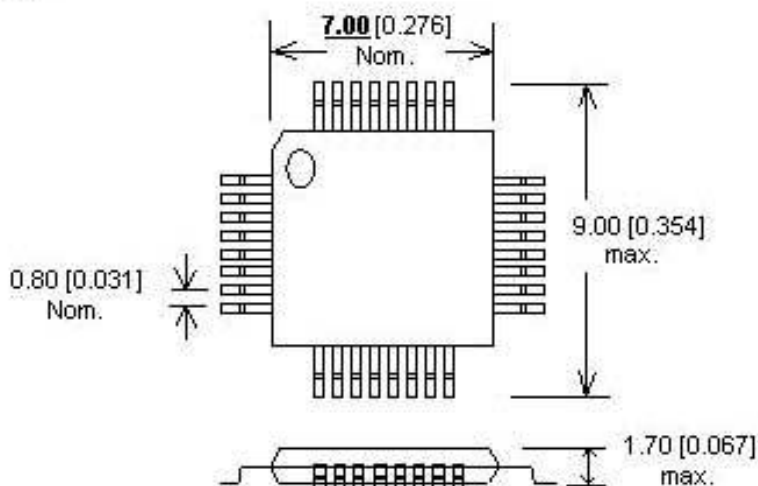


Рисунок 2.1 – Ескіз корпусу TQFP-32

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71.412111.001 ПЗ

Лист

13

2.1.2 Вибір резисторів та конденсаторів

Для поверхневого монтажу вручну ідеально підходить типорозмір компонентів 0805. Він має достатні габарити, щоб припаювати вручну, та не є занадто громіздким. Габаритні розміри зображені на рис. 2.2

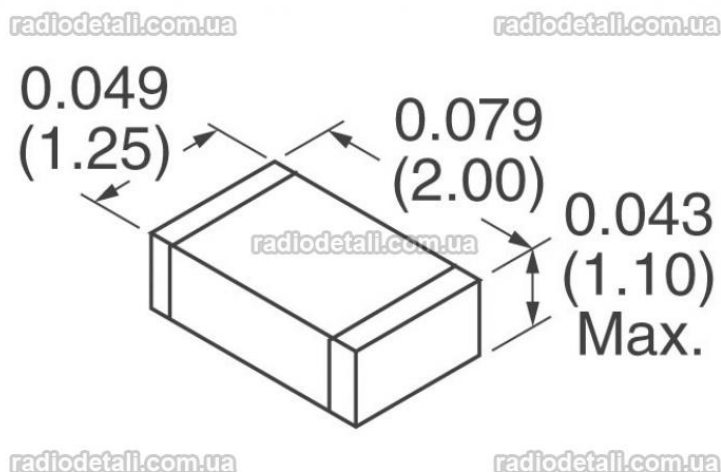


Рисунок 2.2 – Ескіз компоненту типорозміру 0805

У каскаді помножувача мною були використані керамічні конденсатори в типорозміру 1812, що розрахований на високу напругу (500в). Ескіз вказаний на рис. 2.3

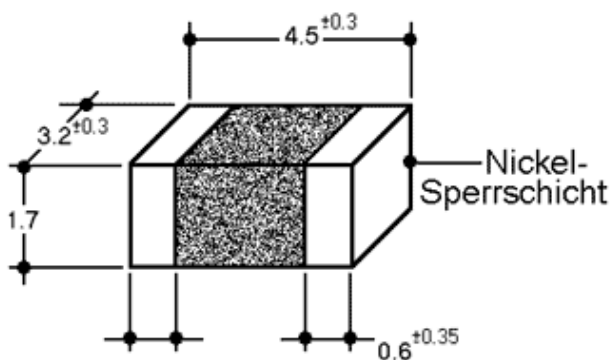


Рисунок 2.4 – Ескіз компонента типорозміру 1812

2.1.3 Вибір діодів

В каскаді помножувача використовуються діоди RS1J. В стабілізаторі напруги використовується діод SS26. Обидва наменування виготовляють у зручному корпусі DO-214 (SMB). Його ескіз та габаритні розміри зображені на рис. 2.4

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71.412111.001 ПЗ

Лист

14

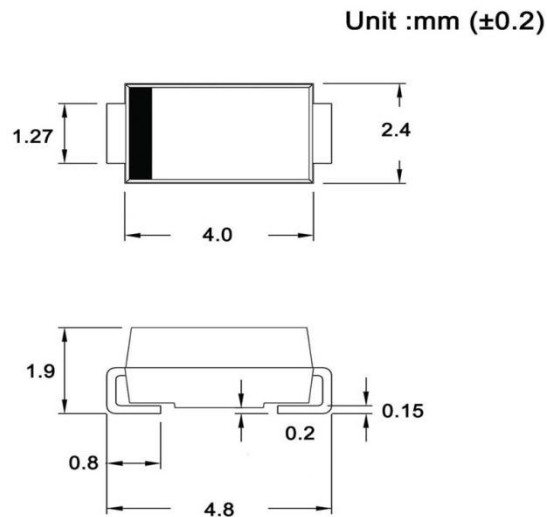


Рисунок 2.4 – Ескіз корпусу DO-214

2.1.4 Вибір транзисторів та мікросхем

Більшість малопотужних транзисторів для поверхневого монтажу випускаються в корпусах типорозміру SOT. Обрані мною елементи виконані в корпусах SOT-23-3, SOT-23-5. Остання цифра індексу вказує на кількість виводів корпусу (3 виводи для транзисторів, та 5 виводів для мікросхеми). Розміри корпусу вказані на рис. 2.5

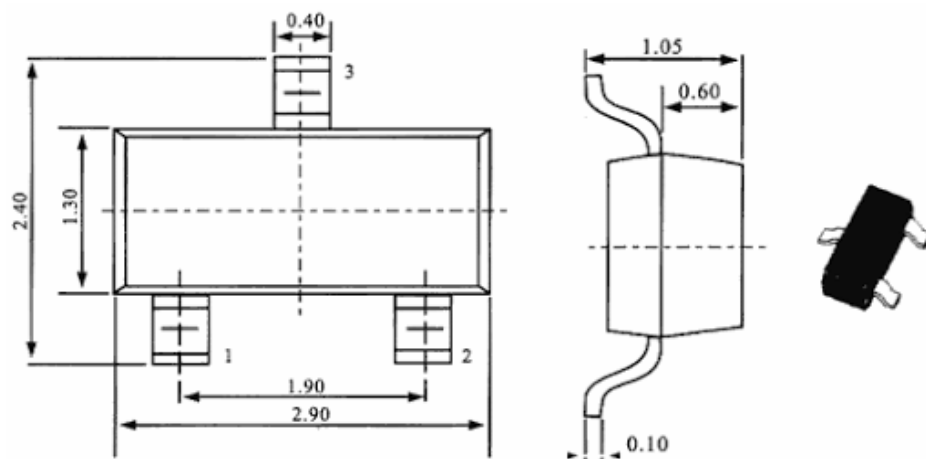


Рисунок 2.5 – Ескіз корпусу SOT

Для стабілізатору напруги, що формує напругу живлення 3.3В для МК обрано мікросхему NCP1400. Мікросхема має мінімум обв'язки, працює при вхідній напрузі 0.8В та розрахована на граничний струм навантаження 100 мА. Виконана у корпусі SOT-23-5. Типова схема включення мікросхеми показана на рис. 2.6

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71.412111.001 ПЗ

Лист

15

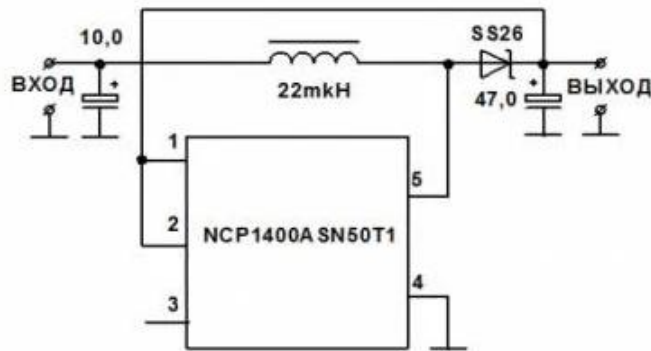


Рисунок 2.6 – Схема ввімкнення NCP1400

2.2 Компоненти наскрізного монтажу

Компоненти монтажу у отвори використовуються у тих випадках, коли потрібна висока механічна міцність для закріплення важкого компонента на платі (наприклад, кнопки або екран), для того щоб легко перенести контакт елементу на інший шар друкованої плати, або у тих випадках, коли елемент не має потрібного аналогу у виконанні поверхневим монтажем. Елементи наскрізного монтажу часто мають додаткові виводи для міцного кріплення (наприклад, роз'єми). Вони також можуть бути доволі компактними.

2.2.1 Вибір кварцового резонатора

Існують різні варіації кварцевих резонаторів у поверхневому виконанні. Але вони доволі громіздкі (наприклад, корпус HC49SM має довжину 11 мм) порівняно з мікроконтроллером. Тому було прийнято рішення встановити резонатор у наскрізні отвори, розташувавши його зі зворотної від поверхневого монтажу сторони. Корпус резонатора – DT38, його розміри на рис. 2.7

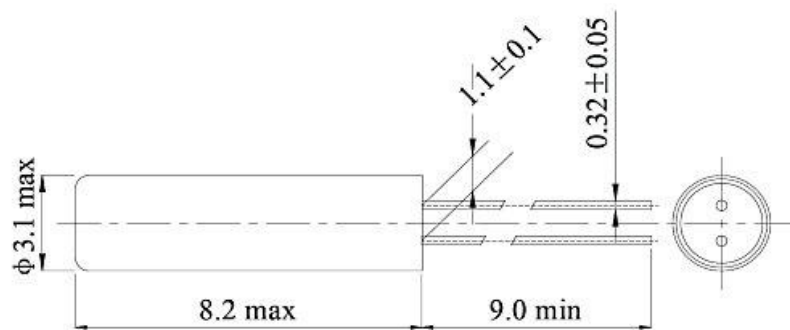


Рисунок 2.7 – Ескіз кварцового резонатора в корпусі DT38

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71.412111.001 ПЗ

Лист

16

2.2.2 Вибір тактових кнопок

Тактові кнопки краще монтувати у наскрізні отвори, так як вони повинні мати високу міцність через постійний механічний вплив на них через натискання. Були обрані звичайні тактові кнопки 6х6 мм з 4ма виводами. Зоображена на рис. 2.8

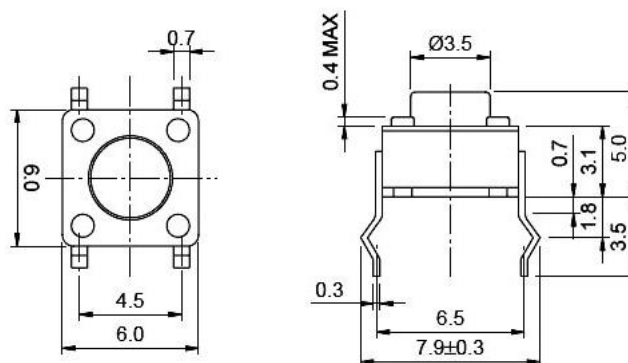


Рисунок 2.8 – Ескіз тактової кнопки

2.2.3 Вибір лічильника (детектора випромінювання)

Газорозрядні лічильники в наш час широко використовуються в дозиметричній апаратурі для реєстрації різних видів іонізуючого випромінювання. Висока чутливість, велика амплітуда вихідного сигналу, простота детектуючих схем, простота конструкції та невеликі габарити – основні параметри за якими класифікують лічильники.

Суть явища лавинної іонізації, на основі якої працюють газорозрядні лічильники закладається в наступному: на електрон, що знаходиться в просторі між електродами лічильника діє сила напруженості електричного поля. В процесі переміщення між електродами під дією напруженості швидкість електрона збільшується, відповідно зростає його кінетична енергія. На своєму шляху електрон зіштовхується з нейтральними атомами та молекулами, наділяючи їх своєю кінетичною енергією. При великих значеннях напруженості електричного поля кінетична енергія електрона, якою він наділений внаслідок прикладеної різниці потенціалів – може перевищувати потенціал іонізації молекул газового наповнення лічильника. В такому випадку зіткнення електрона з нейтральною молекулою буде супроводжуватись іонізаці-

єю і в робочому об'ємі лічильника з'явиться ще пара іонів. І процес цей зростатиме з часом.

Типовим прикладом є лічильник Гейгера. Він являє собою відносно просту конструкцію, складається з герметичної сталевий або скляної колби, що заповнена інертним газом (неон, аргон). В середині колби знаходяться електроди – анод та катод. Для полегшення виникнення електричного розряду між анодом та катодом всередині колби створюється знижений тиск. Анод датчику підключається до високоомного навантаження, а катод до заземлення. Коли заряджена радіоактивна частинка зіштовхується з колбою (катодом) вона вибиває деяку невелику кількість електронів, що опиняються у просторі між електродами (в інертному газі). Під дією напруги накачки, що подається на анод - електрони, що знаходяться в інертному газі починають прямувати до аноду. Під час свого шляху до аноду електрони іонізують інертний газ, вибиваючи вторинні електрони, що створює прирост кількості електронів (явище лавинної або ударної іонізації) який призводить до появи розряду між катодом та анодом, після чого газовий проміжок між анодом та катодом датчику стає струмопровідним, що обумовлює імпульс струму на навантажувальному резисторі. Надалі, високий опір навантажувального резистора створює падіння напруги (під час розряду), внаслідок чого різко зменшується різниця потенціалів на виводах

датчика. Після чого розряд не може підтримуватись, і він припиняється (до появи наступної радіоактивної частинки). Таким чином і формуються імпульси на катоді датчику, які потім детектуються транзисторним ключем.

Типовими та розповсюдженими датчиками є М4011 (має скляну колбу) СТС-5 (слабочутливий до бета-випромінення), СБМ-20(має сталеву колбу, чутливий до жорсткого бета-випромінення), СБМ-21 (чутливий до м'якого бета-випромінення, але має меншу робочу площу).

Виходячи з економічності та компактності обрано лічильник СБМ-20. Він дуже розповсюджений, часто використовується у радіометрах та дозиметрах українського виробництва компанії Екотест.

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Також можливе використання датчику СБМ-20-1, що за аналогічної конструкції має на 16мм меншу довжину через відсутність торцевих захисних ковпачків.

Габаритні розміри СБМ-20 та основні параметри вказані на рис. 2.9

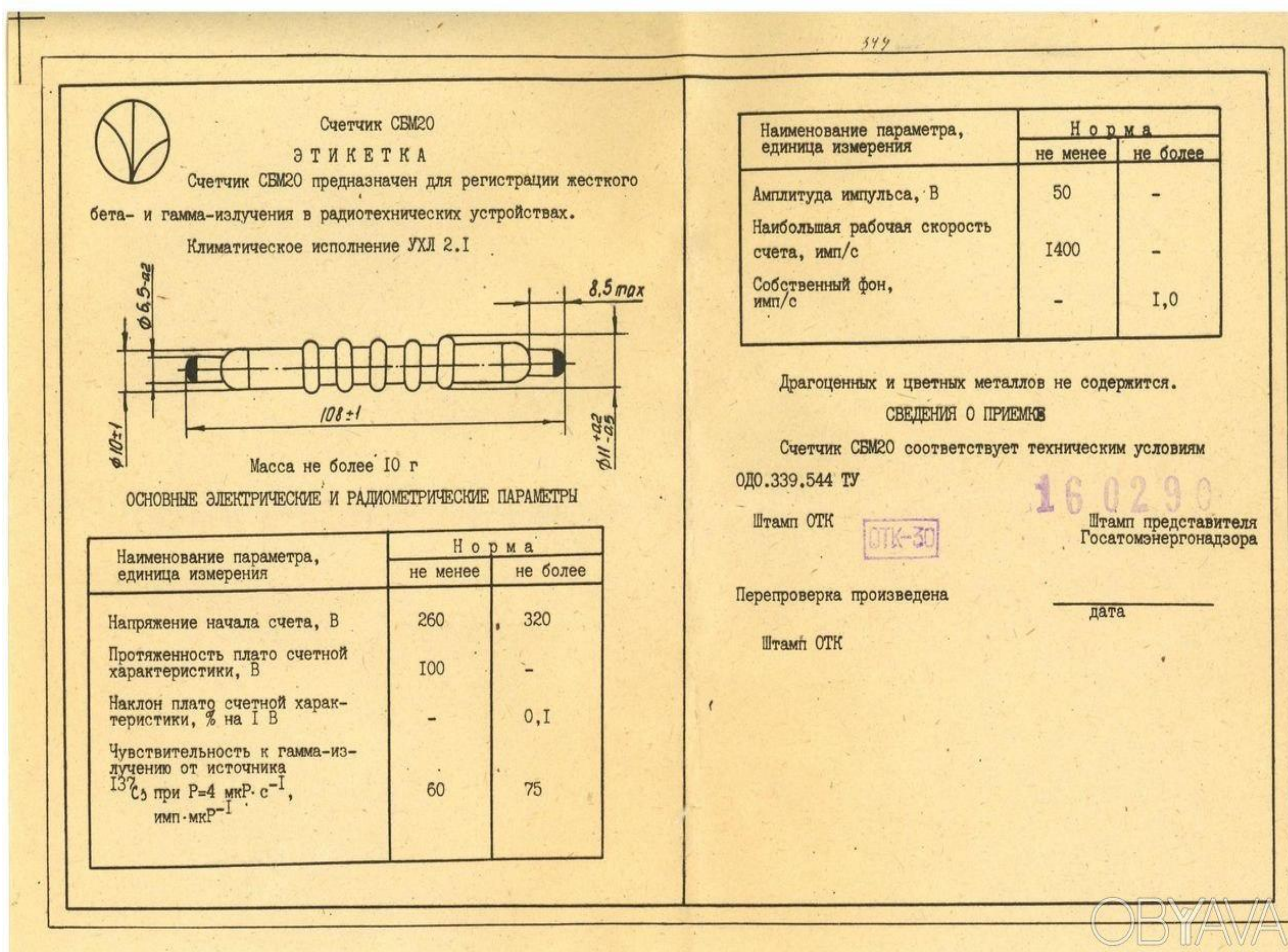


Рисунок 2.9 – Основні параметри лічильника СБМ-20

Отже, проведений добірний аналіз наявних на ринку продажу компонентів, обрані потрібні деталі в потрібних корпусах. Електро-радіо компоненти, наявні у пристрої не є дефіцитними, та не мають високої ціни, наявні у вільному продажі в радіомагазинах та інтернеті.

Перелік елементів з вказанною кількістю та позначенням на принциповій схемі дл Побутового дозиметра вказаний в Додатку Б.

3 РОЗРОБЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Для розробки друкованої плати Побутового дозиметра потрібно проаналізувати схему електричну принципову (зображена на кресленнику РА71.412111.001 ЕЗ). Після розбиття її на структурні складові можна починати виконувати проектування друкованої плати. Вимоги, що потрібно задовольнити при розробці:

- Довжина плати не повинна значно перевищувати довжину датчика (108мм)
- Плата має бути придатна до виготовлення методом ЛУТу (цей метод найкраще підходить до прототипування)
- Ширина плати не повинна бути більше за 30 мм, так як це призведе до збільшення габаритів корпусу пристрою, не ергономічного розташування елементу живлення.

3.1 Огляд структурної схеми пристрою

Пристрій складається з таких основних вузлів та каскадів:

- Елемент живлення (батарея 1.5В)
- Стабілізатор напруги DD1 на мікросхемі NCP1400
- Мікроконтролер DD2, Atmega8
- Помножувач на тороїдальному трансформаторі Т1, та діодах VD2-VD4, конденсаторах С7-С9
- Каскад анодного супротиву на резисторах R2-R6
- Датчик СБМ-20 (BD1)
- Каскад детектування на транзисторі VT-1, резисторах R1, R7
- Модуль дисплею по типу Nokia 5110

Структурна схема пристрою зображена на рис. 3.1

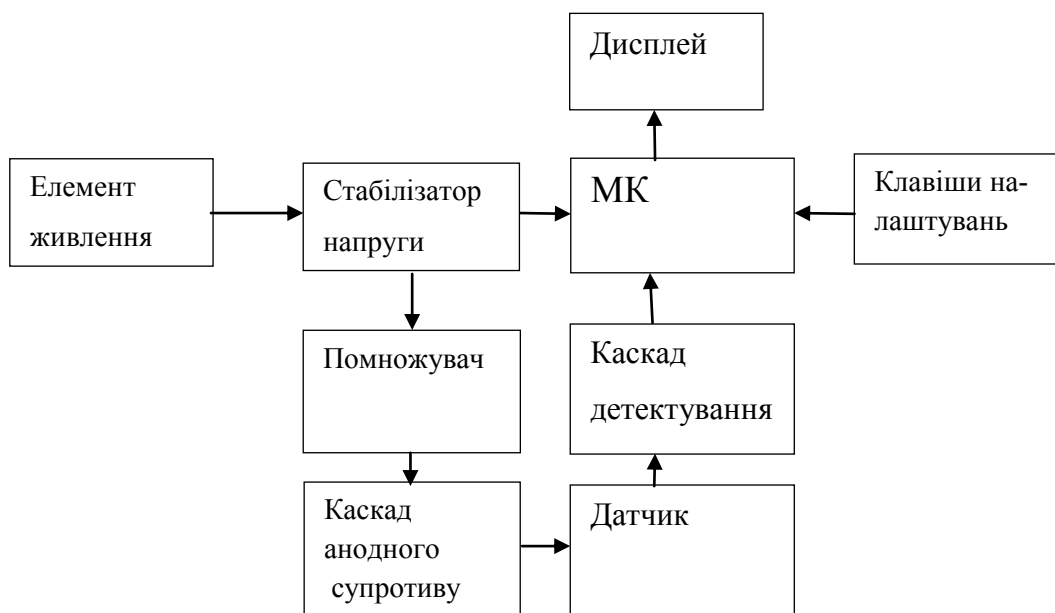


Рисунок 3.1 – Структурна схема побутового дозиметра

3.2 Принцип роботи Побутового дозиметра

Напруга від елементу живлення подається на фільтруючі конденсатори обв'язки мікросхеми NCP1400. Також напруга від елементу живлення подається на подільник R18 R19 та 22 вивід МК для індикації напруги. Від стабілізатору також живиться первинна обмотка трансформатору Т1. Напруга живлення поступає безпосередньо на МК з під'єднаними фільтруючими конденсаторами С4,С5,С6, як того вимагає даташит.

Помножувач побудований на елементах VT5,Т1, С7-С9, VD2-VD4. МК з виводу 31 подає імпульси на накачку транзистору VT5, який у свою чергу замикає ланцюг первинної обмотки трансформатору, створюючи на вторинній обмотці напругу 120-150В (в залежності від напруги батареї).

Каскад детектування побудований на елементах R7,R1,VT1,BD1. Через каскад анодного супротиву заряджається ємність датчику BD1 (Приблизно 4 пФ). Після потрапляння на датчик іонізуючої частинки між анодом та катодом датчика виникає розряд, що короткочасно просаджує напругу на його виводах на 50В, в наслідок чого створюється короточасний імпульс струму ,

що фіксується транзистором VT1. Тобто, при кожній зафіксованій частинці перший вивід МК підтягується до землі, що ініціює рахунок імпульсів.

На транзисторах VT4, VT3 реалізовані транзисторні ключі, що регулюють підсвітку екрану та світлову сигналізацію тривоги. На елементах VT2, BA1 реалізовано звукове сповіщення. ZQ1 являє собою часовий кварц для лічби годинника та відрахування 20 секундних інтервалів під час вимірювань.

До виводів 14,15,16,17,23,26 МК під'єднаний модуль LCD екрану від Нокія 5110.

3.3 Розрахунок мінімальної площі плати.

Для визначення площі плати треба розрахувати мінімальну площу, що відповідає загальній площі елементів кожної сторони, тобто всіх елементів поверхневого монтажу та вивідних елементів окремо, або для малогабаритних та середньогабаритних.

Витяг з таблиці для розрахунку площі плати наведений на рис. 3.2

Тип елемента	Кількість елементів	Площа (мм)	Малогабаритні (1.5)	Середньогабаритні (2)	Високогабаритні (3)
TQFP	1	49	343	334	300
SMD 1206	1	4.9			
SMD 0805	22	45			
SMD 1812	3	55			
ZQ	1	40			
SOT	5	60			
Switch	2	72			
RS1J,L	5	70			
T	1	100			
BD (контактні майданчики)	1	25			

Рисунок 3.2 – Таблиця з розмірами різних груп елементів

Сумма площ малогабаритних елементів множиться на коефіцієнт 1.5 (до малогабаритних елементів входять СМД резистори та конденсатори, транзистори та мікросхема в корпусі SOT, мікроконтроллер в корпусі TQFP), площа середньо габаритних елементів множиться на 2 (до них входять діоди, індуктивність, конденсатори типорозміру 1812, кварцовий резонатор ZQ, тактові

кнопки Switch, та контактні майданчики датчику BD), високо габаритні елементи множаться на коефіцієнт 3 (до них відноситься трансформатор Т).

З рисунку 3.2отримаємо, що мінімальна площа плати — $343+334+300=997\text{мм}^2$, Мною була спроектована дурукована плата розміром 110x25 мм, яка має площу 2750мм^2

3.4 Розрахунок розмірів контактних майданчиків.

Після вибору елементної бази та розрахунку площ корпусів елементів проведемо розрахунки розмірів контактних майданчиків для елементів поверхневого (SMD) монтажу за формулою:

$$Dk = Dv + 0,3 ,$$

де Dk— розміри контактних майданчиків; Dv — розміри виводів.

Отримані значення наведено в табл. 3.1

Назва елемента	Dv, мм	Dk, мм
Резистори 0805	0,4x1,3	0,7x1,6
Резистори1206	0,4x1,6	0,7x1,9
Конденсатори 0805	1,25x1,3	1,55x1,6
Індуктивність	1,6x0,2	1,9x0,5
Atmega8 TQFP	0,4x0,8	0,7x1,1
T1	0,3x0,3	0,6x0,6
SOT-23	0,45x0,48	0,6x0,7
SOT-23-1	0,5x0,5	0,7x0,7
RS1J	1,4x0,9	1,7x1,2
Кнопки	1,7x0,3	2x0,6
Конденсатор 1812	0,4x0,7	0,7x1

Таблиця 3.1 — Розміри для елементів SMD монтажу

Діаметри отворів вивідних елементів розраховуються за таким самим принципом, але з додаванням коефіцієнту 0,2

$$D_o = D_v + 0,2 ,$$

де D_o — розміри отворів для вивідних елементів.

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для вивідних елементів за формулою:

$$D_k = D_o + 2/3 D_o ,$$

Отримані значення наведено в табл. 3.2

Назва елемента	D_v , мм	D_o , мм	D_k , мм
Кварцевий резонатор	0,7	0,9	1,5
Спікер	0,6	0,8	1,3
Дросель	0,65	0,85	1,41
Контакти екрану	0,7	0,9	1,5

Таблиця 3.2 — Розміри для вивідних елементів

3.5 Розрахунок ширини провідників.

Згідно схеми електричної принципової (зображена на кресленнику РА71.412111.001 ЕЗ) наявні такі основні ділянки: сигнальні ланцюги з максимальним споживанням 100 мА при 3.3В, (стабілізатор напруги на мікросхемі DD1 (NCP1400) , діоді VD4, конденсаторах C4, C5) та ділянки високовольтної частини (конденсатори C1,C2,C3 та діоди VD1,VD2,VD3) з споживанням 1 А при 400В. Розрахунки проведено за допомогою програми Mathcad: результати вказані в Додатку Д

Таблица 6-1 Электрический зазор между проводниками

Напряже- ние между про- водниками (Пост. ток и амплитуды перем. то- ка)	Минимальный зазор						
	Несмонтированная плата				Сборка (модуль)		
	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0-15	0,05мм	0,1мм	0,1мм	0,05мм	0,13мм	0,13мм	0,13мм
16-30	0,05мм	0,1мм	0,1мм	0,05мм	0,13мм	0,25мм	0,13мм
31-50	0,1мм	0,6мм	0,6мм	0,13мм	0,13мм	0,4мм	0,13мм
51-100	0,1мм	0,6мм	1,5мм	0,13мм	0,13мм	0,5мм	0,13мм
101-150	0,2мм	0,6мм	3,2мм	0,4мм	0,4мм	0,8мм	0,4мм
151-170	0,2мм	1,25мм	3,2мм	0,4мм	0,4мм	0,8мм	0,4мм
171-250	0,2мм	1,25мм	6,4мм	0,4мм	0,4мм	0,8мм	0,4мм
251-300	0,2мм	1,25мм	12,5мм	0,4мм	0,4мм	0,8мм	0,8мм
301-500	0,25мм	2,5мм	12,5мм	0,8мм	0,8мм	1,5мм	0,8мм
>500	0,0025	0,005	0,025	0,00305	0,00305	0,00305	0,00305
См. пара- граф 6.3 для расчета	мм/в	мм/в	мм/в	мм/в	мм/в	мм/в	мм/в

B1 – Проводники внутренних слоев

B2 – Наружные проводники, непокрытые, высота на уровне моря до 3050м

B3 – Наружные проводники, непокрытые, высота на уровне моря более 3050м

B4 – Наружные проводники, с постоянным полимерным покрытием (любая высота над уровнем моря)

A5 – Наружные проводники с конформным защитным покрытием сборки (любая высота над уровнем моря)

A6 – Наружные выводы/контакты компонентов, непокрытые

A7 – Наружные выводы/контакты компонентов с конформным покрытием (любая высота над уровнем моря)

Рисунок 3.1 - Рекомендації щодо зазору провідників

За рис 3.1 обираємо клас B4, так як плата буде змонтована в корпусі та з лаковим покриттям. Аналізуючи данні таблиці, обираємо рекомендовану ширину діелектричного зазору для високовольтної частини, з напругою 400В рівну 0.8 мм, для сигнальних ланцюгів мінімальний зазор дорівнює 0,13 мм. В результаті обираємо четвертий клас точності по ГОСТ-2023751-86 наведений на рис 3.2

Условное обозначение	Номинальное значение основных размеров для класса точности				
	1	2	3	4	5
t , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10

Рисунок 3.2 – Найменше номінальне значення зазору між провідниками

Тип провідника	Мінімальна ширина мм	Рекомендована ширина мм
Сигнальний	0,18	0,35
Силовий	1,4	1.4

Таблиця 3.3 Ширина сигнальних провідників

3.6 Трасування друкованої плати

Трасування друкованої плати проведено в САПР Altium Designer.

Плата спроектована односторонньою, ланка GND проведена по середині плати. На зворотній стороні плати за допомогою наскрізного монтажу розташовані кнопки S1,S2, трансформатор T1 та кварцевий резонатор ZQ1. На рисунку 3.5 зображено друковану плату з усіма шарами

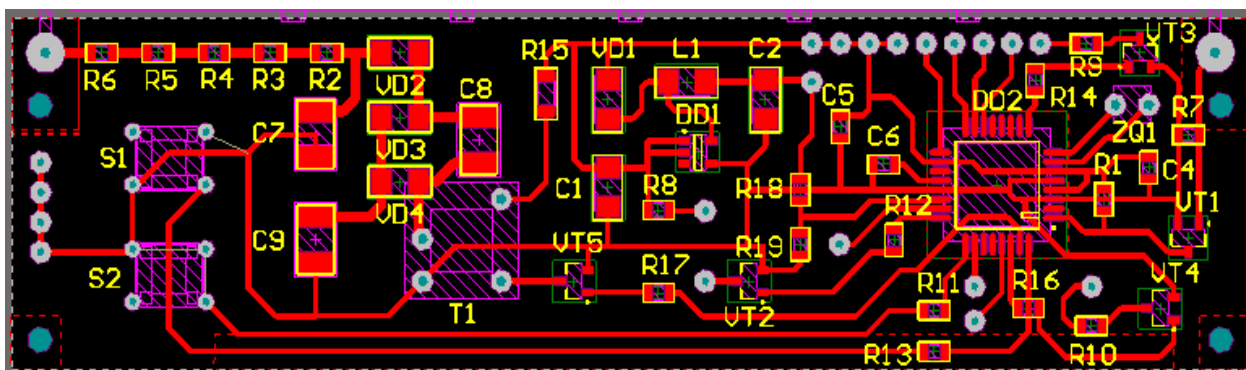


Рисунок 3.5 – Друкована плата

Друкована плата була спроектована за для зручного монтажу елементів поверхневого монтажу у отвори: елементи, особливо дрібні, розташовані не щільно. Довжина друкованої плати обиралась згідно довжини датчику. Та складає 110 мм (при довжині датчику 108 мм). Для прототипування макету використовувались плати як більш щільної компоновки, так і плати зі збільшеним рознесенням елементів. Варіації прототипування друкованих плат приведені в Додатку Е.

На рис. 3.6 зображено візуалізацію друкованої плати з ЕРЕ. Колір плати для візуалізації обраний за зелений.

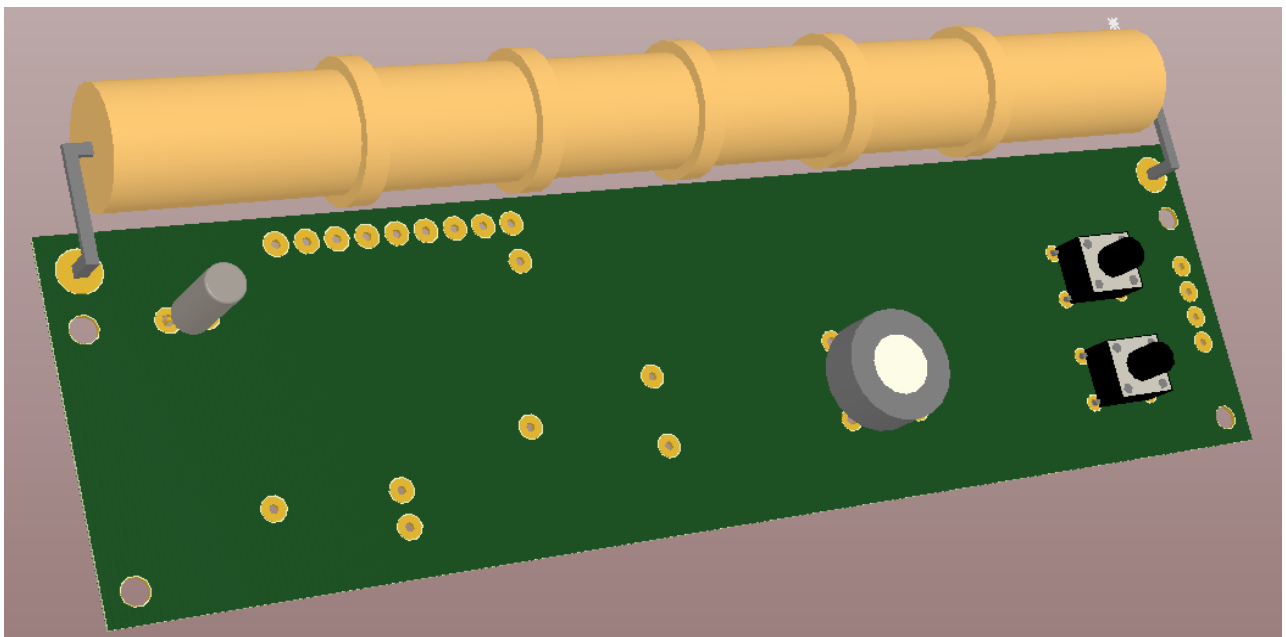
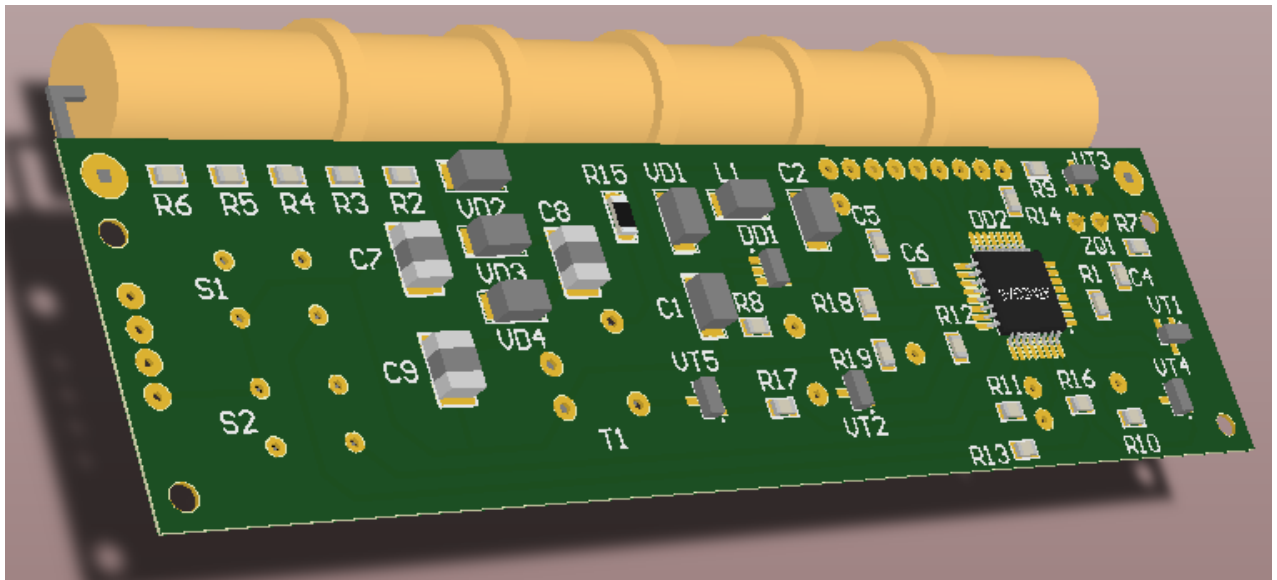


Рисунок 3.6 – Візуалізація друкованої плати

Компоненти та матеріали для збірки друкованої плати вказані в Специфікації на друкований вузол, що зазначена в Додатку В. Креслення друкованої плати вказане у графічному матеріалі (РА71.412111.001 СК)

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71.412111.001 ПЗ

Лист

27

4 ОГЛЯД ГОТОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТА АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

4.1 Огляд конструкції корпусу

Корпус пристрою спроектований у САПР Solidworks з розрахунком на подальший друк на 3D принтері. Друк проводився з заповненням 50%, з товщиною шару 0.2 мм. На друк пішло близько години часу та 30 грам пластику PET-G. Слайсинг був виконаний у ПО Cura Ultimaiting. Процес слайсингу та параметри вказані на рис. 4.1.

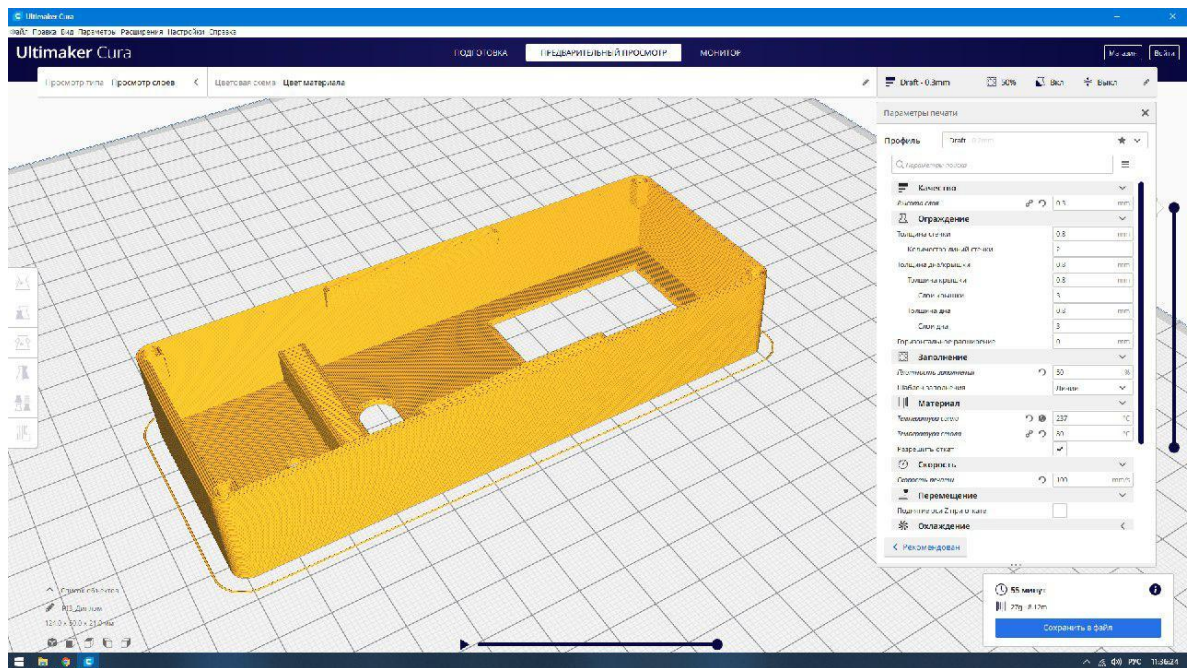


Рисунок 4.1 – Скріншот програми Cura

Слайсинг – процес переводу 3D моделі в керуючий код для роботи принтеру. Модель розділяється (нарізається) на шари (слої). Кожен шар може мати свої параметри (відсоток заповнення, наприклад). Критеріями рішень для розробки були зручність розташування екрану, кнопок керування. А також прорізи для датчику у задній панелі.

Згідно НРБ пристрій не повинен мати прорізів та щілин, у яких застрягтиме сміття: корпус має бути плоский та гладкий.

Корпус має складатись з двох частин: основи та задньої кришки. Передня панель має бути плоскою та з прорізами під екран та клавіши керування. На рисунку 4.2 зображено основну частину корпусу

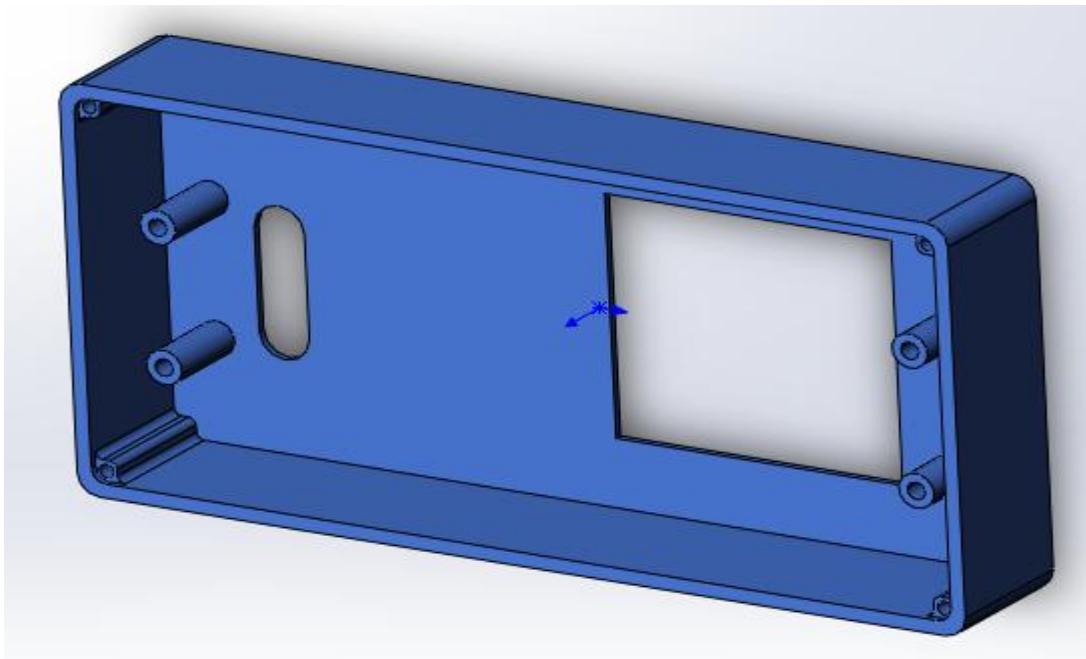


Рис. 4.2 – Корпус дозиметра.

Друкована плата прикручується до основної частини 4ма гвинтами М3, для цього у другованій платі передбачені кріпильні отвори. Клавіші мають бути оснащені спеціальними ковпачками, щоб вони мали зручний розмір для натискання. Екран щільно вставляється в прорізь в основній частині корпусу. Холдер з елементом живлення приклеюється до основного елементу корпусу на двусторонній скотч. Специфікація на пристрій знаходиться в Додатку Г.

Розташування плати в Корпусі зображено на рис. 4.3

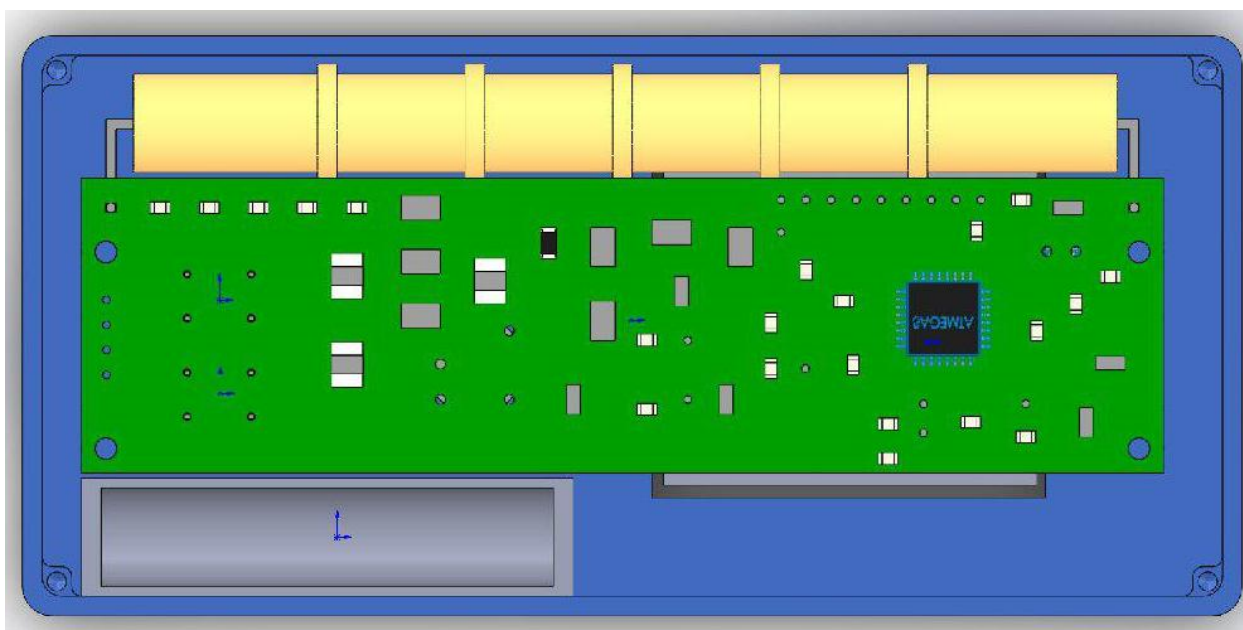


Рис. 4.3 – Друкована плата в корпусі

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71.412111.001 ПЗ

Лист

29

Задня панель має вигляд плоскої кришки з ребрами жорсткості по контуру, та має прорізь для датчику. Задня панель зображена на рис. 4.4

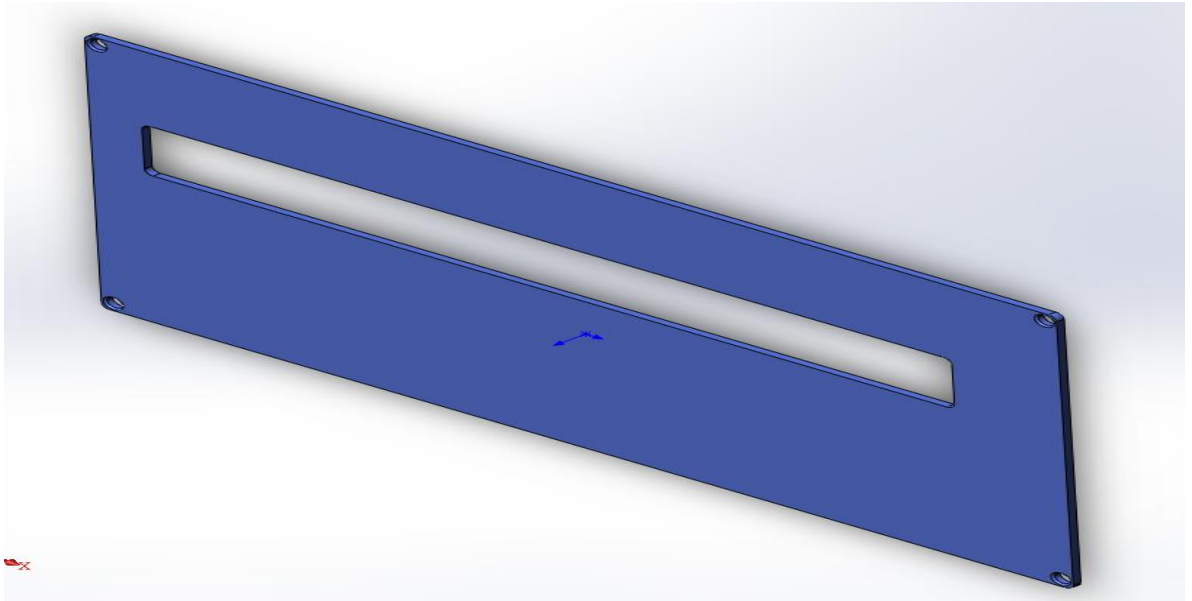


Рис 4.4 – Задня кришка

За НРБ передня та задня панель мають бути придатні для легкого очищення, та захищені від потрапляння в середину сміття. Для цього передню та задню панель пристрою можна оснастити тонкою захисною плівкою (по аналогії з мобільним телефоном)

Зовнішній вигляд передньої панелі на рис. 4.5

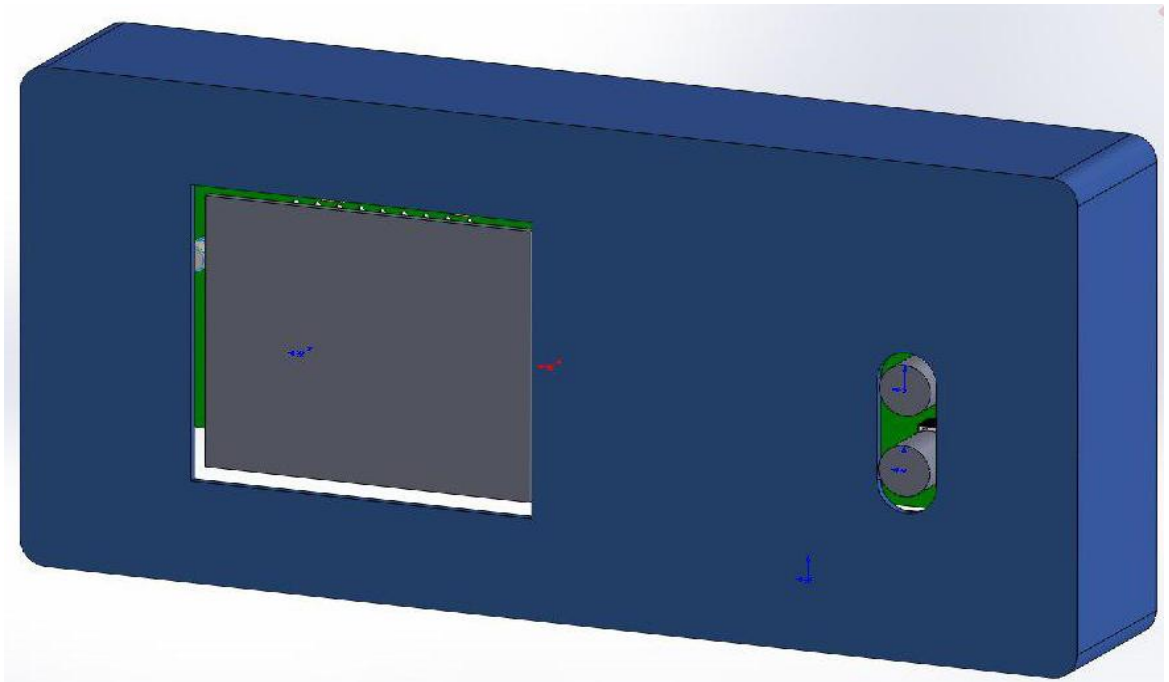


Рисунок 4.5 – Зовнішній вигляд передньої панелі

Варіації прототипування корпусу приведені в Додатку Є.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71.412111.001 ПЗ

Лист

30

4.2 Розрахунок надійності за раптовими відмовами

Надійність є якісною властивістю РЕА. Її не можливо виміряти фізичними методами, її можна лише передбачити. Надійністю називають властивість виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування, зберігання і транспортування. Порухення хоча б однієї з цих умов використання призводить до порушення працездатності виробу, тобто відмови.

Надійність характеризується великою кількістю показників, які діляться на чотири групи:

- параметри довговічності;
- параметри безвідмовності;
- параметри збереження;
- параметри ремонтпридатності.

Довговічність – властивість виробу зберігати працездатність до настання періоду фізичного спрацювання при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

Безвідмовність – властивість безперервно зберігати працездатність на протязі певного часу чи певного напрацювання.

Збереження – властивість безперервно зберігати працездатний стан впродовж і після зберігання і транспортування.

Ремонтпридатність – властивість, яка міститься в пристосуванні до попередження і виникнення відмов, пошкоджень та усунення їх наслідків шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування.

Прийняті припущення дозволяють використовувати теорему множення вірогідності, яка після групування рівнонадійних елементів виглядає таким чином: розбиваємо елементи на рівнонадійні групи, розрахунок значень надійності для всіх рівнонадійних груп, що входять до складу друкованого вузла приведений в таблиці 4.1.

Табл 4.1 Дані розрахунку інтенсивності відмов друкованого вузла.

№	Назва ЕРЕ	К-сть N_i	$\lambda_{0i} \cdot 10^6$, 1/год	K_n	a_i	$\lambda_{0i} \cdot 10^6 \cdot a_i$, 1/год	t_{cp} , год	$N_i \cdot \lambda_{0i} \cdot 10^6 \cdot a_i$, 1/год
1	Конденсатори SMD 0805	3	0,005	0,5	0,60	0,003	0,5	0,057
2	Резистори SMD 0805	19	0,370	0,7	0,35	0,130	0,5	0,260
3	Конденсатори 1812	3	0,040	0,7	0,75	0,030	0,6	0,060
4	Мікросхема NCP1400	1	0,400	0,5	0,70	0,280	0,5	0,280
5	Atmega8	1	0,400	0,5	0,70	0,280	0,5	0,280
6	Діод RS1J,SS26	4	0,625	0,7	0,51	0,318	0,5	1,272
7	Дисплей	1	0,625	0,7	0,51	0,318	0,5	0,318
8	SOT-23 SOT-23-1	5	0,500	0,5	0,40	0,200	0,5	0,400
9	Трансформатор	1	0,500	0,5	0,40	0,200	0,5	0,200
10	Switch	2	0,006	0,6	0,82	0,005	0,5	0,005
11	Датчик BD1	1	0,030	0,5	0,20	0,006	0,5	0,012
Σ							5,6	3,394

де λ_{0i} – інтенсивність відмов елементів в номінальному режимі роботи;

K_n – коефіцієнт навантаження;

a_i – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього середовища та електричного навантаження елемента.

t_{cp} – середній час відновлення.

Інтенсивність потоку відмов всього блоку визначається по формулі

$$\lambda_0 = K_\lambda \cdot \sum_{i=1}^n N_i \cdot \lambda_i \quad (4.1)$$

де K_λ - поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації;

$$K_\lambda = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3, \quad (4.2)$$

де $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - значення поправочних коефіцієнтів для стаціонарної РЕА, вологості 60...70%, температури (-10...+35)⁰С, нормального атмосферного тиску $\alpha_1 = 1.07$; $\alpha_2 = 1$; $\alpha_3 = 1$.

Інтенсивність відмов всього блоку буде:

$$\lambda_0 = K_\lambda \cdot \sum_{i=1}^n N_i \cdot \lambda_i = 1.07 \cdot 3,4 \cdot 10^{-6} = 3,64 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{год}}$$

Тоді, ймовірність безвідмовної роботи буде визначається по формулі:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{3,64 \cdot 10^{-6}} = 274772,2 \text{ год} \quad (4.3)$$

Середній час відмовлення складатиме:

$$T_B = K_{oz} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{N_i \cdot \lambda_i}{\lambda_0} \cdot \tau_{cpi} \quad (4.4)$$

де K_{oz} - коефіцієнт одночасної заміни елементів, $K_{oz} = 2.5$.

$$T_B = K_{oz} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{N_i \cdot \lambda_i}{\lambda_0} \cdot \tau_{cpi} = 15,1 \text{ год}$$

Визначимо коефіцієнт готовності:

$$K_g = \frac{T_0}{(T_0 + T_B)} = \frac{274772}{(274772 + 15,1)} = 0,999 \quad (4.5)$$

Побудуємо графік ймовірності безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\lambda_0 \cdot t} \quad (4.6)$$

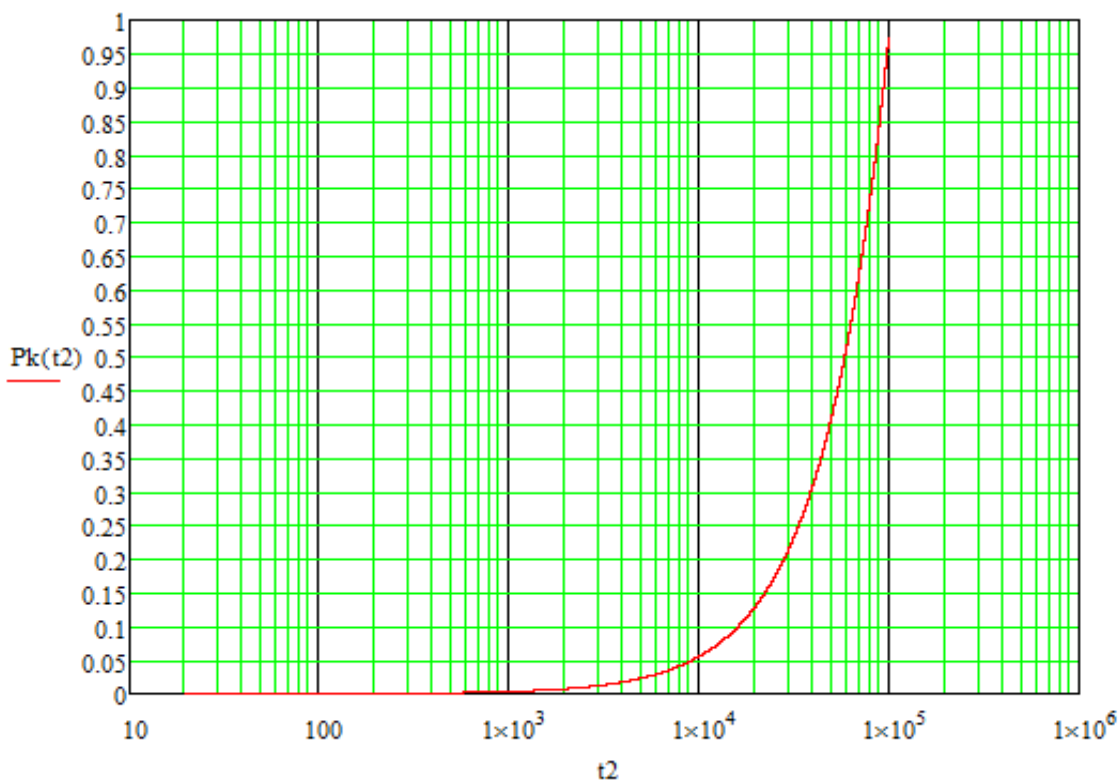


Рисунок 4.1 — Ймовірність безвідмовної роботи

Визначимо якою буде ймовірність безвідмовної роботи за термін роботи 2 роки (17520 год).

$$P(t) = e^{-\lambda_0 t} = e^{-3,64 \cdot 10^{-6} \cdot 17520} = 0,938$$

Отримане число показує, що ймовірність безвідмовної роботи протягом 2 років задовольняє умови ТЗ, де вказано напрацювання у 10000 годин.

4.3 Розрахунок стійкості друкованого вузла до зовнішніх коливань

Будь-який матеріал, в залежності від щільності, Розмірів та ваги має свою резонансну частоту. Якщо зовнішні впливи на виріб матимуть таку саму частоту – це може призвести до пошкодження виробу. В наслідок таких коливань може руйнуватись електричний контакт між компонентами, у друкованих провідниках можуть виникати мікротріщини, а припій на контактних майданчиках може утворити тріщину.

Наступний розрахунок визначають потенційно можливі коливання, які можуть діяти на пристрій.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71.412111.001 ПЗ

Лист

34

Отже, маємо плату з розмірами 110 на 25 мм, з товщиною тексталіту 2 мм та фольгованого покриття 0.35мм. на платі розташовані елементи, найвищі з них сягають до 5 мм у висоті. Виходячи з щільності матеріалу діелектрика, ваги елементів на платі отримано резонансну частоту виробу 252 Гц.

Розрахунки поміщені в Додаток Ж.

За ГОСТ 17516.1-90 обираємо категорію М34 – Перемещаемые нестационарные изделия весом до 50 кг. Підгрупу обрано В – Для работы в местах с высоким уровнем вибрационных и ударных воздействий. Для надійного функціонування власна частота повинна бути в 2 рази більше ніж найвища частота зовнішніх впливів. Діапазон частот в цій групі сягає 0.5...100 Гц, тому умова виконується.

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Огляд шкідливих та потенційно небезпечних факторів

Небезпечними факторами на робочому місці є такі фактори:

- вірогідність ураження електричним струмом; (ДСТУ ІЕС61.140.2015)
- вірогідність отримання опіків внаслідок роботи з нагрівальними інструментами;
- вірогідність отримання механічних ушкоджень;
- негативний вплив ультразвукових коливань, магнітного та інфрачервоного випромінення;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- негативний вплив газів та рідин, що утворюються під час роботи.

Шкідливими факторами на робочому місці є такі фактори:

- низька освітленість робочого місця. приміщення;
- фізична або психічна втома, перенавантаження;
- понаднормова праця.

5.2 Огляд мікрокліматичних умов, умов опалення та вентиляції робочих приміщень

Норми, описані в цьому підрозділі регламентують допустимі показники мікроклімату в межах робочих зон виробничих приміщень підприємств. Мікрокліматичні умови до приміщень характеризуються такими показниками: (ДБН В.2.5 – 67:2013)

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітряних мас;
- інтенсивність теплового випромінення;
- температура поверхонь.

При виконанні робіт операторського типу потрібно дотримуватись оптимальних умов мікроклімату: температура повітря 22-24 °С, відносна вологість 60-40%, швидкість руху повітря не більше 0,1 м/сек.

Нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов здійснюється за допомогою комплексу організаційних, технологічних, санітарних заходів. У приміщеннях з надлишковим виділенням тепла або з виділенням випарувань рідин та газів використовують природну або примусову вентиляцію. Розташовують її безпосередньо над основними джерелами тепла, випарувань або газів (ДБН В.2.5 – 67:2013). Для запобігання перевищення гранично-допустимого вмісту отруйних речовин, що утворюються під час пайки виводів електронних компонентів використовують витяжну вентиляцію.

При наявності одиничних джерел тепловипромінення оснащують обладнання місцевою витяжною вентиляцією у вигляді стаціонарних повітряних уловлювачів та ін.

5.2 Природне та штучне освітлення виробничих приміщень

Приміщення з постійним перебуванням людей мусить мати природне Освітлення. Без природного освітлення допускається проектування приміщень, які визначені відповідними пунктами ДБН та стандартами, а також приміщення розміщення яких дозволено в підвальних приміщеннях споруд.

У виробничих приміщеннях як правило використовують суміщене освітлення. (ДБН В 2.5-28:2018) Воно передбачене для виробничих приміщень та інших приміщень у випадках, коли за умов організації виробництва необхідні планувальні рішення. Які не дозволяють забезпечити нормоване значення коефіцієнту природнього освітлення, або у випадках коли техніко-економічна доцільність суміщеного освітлення (порівняно з іншими видами освітлення) має більшу ефективність.

Розрахунок освітленості приміщення проводиться за методом світлового потоку, що призначений для розрахунку рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь в приміщеннях. Цей метод враховує як прямі світлові

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

потоки, так і відбиті від стін та стелі. Світловий потік ламп $\Phi_{\text{л}}$ визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \times L \times S \times 100 \times K_3 \times Z}{n \times N \times \eta}$$

де $E_{\text{н}}$ - нормована освітленість, лк;

S - площа освітлюваного приміщення, м^2 ;

K_3 - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп (1,5 для світлодіодних ламп);

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення ($Z = 1,1-1,15$);

N - кількість світильників;

n - кількість ламп в світильнику;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

Коефіцієнт η визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення і.

Значення і визначається за формулою:

$$i = \frac{L \times S}{h + (L + S)}$$

де L та S – це довжина та ширина приміщення, відповідно

h – висота розташування світильника над робочою поверхнею. Важливо враховувати відстань від світильника до робочої поверхні, а не висоту приміщення.

Згідно ДБН В.2.5-28:2018 для робіт середньої та високої точності (до яких відноситься монтаж SMD та DIP елементів) значення нормованої освітленості $E_{\text{н}}$ обрано за 200 лк.

Розміри приміщення: довжина 12 м, ширина 6 м.

Визначивши світловий потік ламп $\Phi_{\text{л}}$ – по отриманим результатам підбирають потрібні лампи, обирають їх кількість та розраховують потужність.

Отже, визначимо потрібну кількість світильників N:

$$N = \frac{L \times S}{h^2} = \frac{12 \times 6}{2,6^2} = 10 \text{ шт.}$$

та значення індексу приміщення i:

$$i = \frac{L \times S}{h + (L + S)} = \frac{12 \times 6}{2,6 + (12 + 6)} = 1,54$$

Для розрахунків η обрано за 51, при індексу приміщення 1,54 та коефіцієнті відбиття від стелі та стін 50%.

Визначимо тепер світловий потік $\Phi_{\text{л}}$:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \times L \times S \times 100 \times K_3 \times Z}{n \times N \times \eta} = \frac{200 \times 12 \times 6 \times 1,5 \times 1,15 \times 100}{1 \times 10 \times 51} = 3914 \text{ лм.}$$

Щоб забезпечити такі вимоги по освітленню приміщення доцільно використати промислові лампи потужністю 10 Вт зі світловим потоком 400 лм, що в кількості 10 шт надасть потік 4000 лм.

5.3 Вимоги до охорони праці під час збирання та налаштування виробу

Побутовий дозиметр належить до нульового класу захисту, так як захищений пластиковим корпусом, та слаботокове живлення. Друкована плата покрита шаром лаку. (ГОСТ12.2.007.0-75)

Обладнання, що використовується у робочому приміщенні бажано обирати за 1 класом електрозахисту згідно ДСТУ ІЕС 61.140.2015. Обладнання повинно бути оснащено мережевою вилкою з заземленим виводом, щоб не допустити враження струмом.

Перелік обладнання, що використовувався для збірки прототипів:

- Паяльна станція Hakko T12 24v;
- Вимірювальні прилади C4352, Snako1
- Лабораторний блок живлення.

5.5 Пожежна безпека

Згідно з нормами ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 приміщення, де виконуються електромонтажні роботи, по рівню пожежної безпеки та вибухонебезпеки належать до категорії В (пожежонебезпечні). В приміщенні знаходяться тверді горючі речовини, що не здатні переходити в зважений стан, тому робочі зони приміщення за пожежонебезпекою згідно з НПАОП 40.1-1.32-01.

Причиною виникнення пожежі може бути порушення ізоляції струмоведучих дротів, коротке замикання, паління в приміщенні і порушення правил експлуатації електроприладів. На випадок виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Потрібна кількість виходів, ширина проходів та ступінь вогнестійкості будівлі повинна відповідати ДНБ В.11.7-2016, НПАОП 40.1-1.32-01 та СНиП 2.09.02-85*.

В будівлі присутній евакуаційний вихід. Кількість, розташування та умови зберігання засобів для гасіння пожежі (вогнегасники, пожежні гідранти і т.п.) повинні відповідати ГОСТ 12.1.004- 85 та ГОСТ 3675-98, ISO 3941-77. В приміщенні встановлені два вогнегасники ВВ-8 — вуглекисневих восьмилітрових для гасіння електроустановок напругою до 1000 В. Передбачаються наступні заходи з метою забезпечення пожежної безпеки:

- Постійний контроль стану засобів пожежогасіння;
- Контроль за станом ізоляції струмоведучих дротів;
- Заборонено паління в приміщенні;
- Неприпустимість перевантажень, перегріву при роботі обладнання;
- Заборона експлуатації обладнання з саморобними запобіжниками;

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

За результатами проведеної роботи, вибору з поміж існуючих рішень, врахування недоліків та переваг обрано просту схему з МК Atmega8 та лічильник на основі датчику СБМ-20. Схема накачки – трансформаторна, з множителем на конденсаторах. Для підвищення міцності конструкції було прийнято рішення власноруч спроектувати корпус, та надрукувати його на 3Д принтері. Датчик розташований на друкованій платі. Відсутність механічного контакту між датчиком і корпусом запобігатиме виходу з ладу датчику у випадку фізичних пошкоджень корпусу.

Схема пристрою складається з декількох функціональних блоків (стабілізатор напруги, помножувач, анодний супротив, каскад детектування) що зібрані на простій та доступній елементній базі, яка працює одразу після збірки та програмування МК, не вимагаючи налаштувань.

За напрацьованим матеріалом мною був зібраний функціональний макет пристрою. Був отриманий досвід підбору компонентів та деталей, прошивання мікроконтролерів. Під час макетування були виявлені як плюси так і мінуси конструкції, які будуть враховані в наступних ітераціях.

					РА71.412111.001 ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Дозиметр-радиометр СОЭКС – med-magazin.ua [Електронний ресурс] – режим доступу: https://med-magazin.ua/ua/cat_227.htm
2. Терра МКС 05 ecotest.ua [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://ecotest.ua/products/terra-dozymetr-radiometr-mks-05/>
3. ЕкотестКард - ecotest.ua [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://ecotest.ua/products/ecotestcard/>
4. Дозиметр GMS-320 – ggelectronicsllc.com [Електронний ресурс] – режим доступу: https://www.ggelectronicsllc.com/comersus/store/comersus_dynamicIndex.asp
5. Белинский В. Т. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА. Высшая школа, 1992.
6. Максимов М. Т., Оджагов Г. О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. Энергоатомиздат, 1986.
7. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. Энергоатомиздат, 1986.
8. Корогодін В.І., Кольтовер В.К. Основи радіоекології. Вища школа, 2003
9. ДБН В.2.5 67:2013.Опалення, вентиляція, кондиціонування. [Електронний ресурс] – режим доступу: http://nbuviap.gov.ua/images/nub/Dmap/15_sanitar%20normy%20mikroklimatu.pdf
- 10.ДБН В 2.5-28:2018 Природнє та штучне освітлення виробничих приміщень [Електронний ресурс] режим доступу: https://ledeffect.com.ua/images/_branding/dbn2018.pdf
- 11.ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень. будинків, установ за вибухопожежною небезпекою. [Електронний ресурс] - режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

ДОДАТОК А

Технічне завдання

1. Назва ДР

Побутовий дозиметр.

2. Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання дипломної роботи є завдання видане кафедрою радіоприймання та оброблення сигналів радіотехнічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» ім. Ігоря Сікорського наказ № 1126-с від «21» травня 2020 р.

Терміни виконання: початок 25.05.2020

закінчення 14.06.2020

3. Мета і призначення роботи

Метою цього проекту є розробка персонального побутового дозиметра з максимально простим та зрозумілим інтерфейсом, компактною конструкцією та низькою ціною.

4. Джерела розробки

Джерелами розробки є електронні ресурси, матеріали української та закордонної літератури в області дозиметрії та радіоекології, ДСТУ та ДБН стандарти, галузеві нормативно-технічні документи, ЕСКД.

5. Технічні вимоги

Пристрій має складатись з корпусу, у якому розташована друкована плата, елемент живлення, датчик, модуль дисплею, кнопки керування. Конструкція пристрою має забезпечувати надійне кріплення всіх вузлів, механічну міцність, мати невелику вагу та компактні габарити.

Габаритні розміри не повинні перевищувати 130x60x25 (мм)

6. Виконавці дипломної роботи

Керівник: Титенко О.Т.

Виконавець: Куций І.О.

7. Етапи дипломної роботи і терміни їх виконання

Робота виконується в 5 етапів:

№	Назва етапів	Термін виконання	Результат
1	Збір необхідних матеріалів, підбір конструкційних рішень	13.04.2020 – 15.04.2020	Звіт бакалавра
2	Огляд аналогів та аналіз ТЗ	15.04.2020 – 20.04.2020	Розділ 1
3	Розробка друкованого вузла та конструкції	21.04.2020 – 10.05.2020	Розділ 3
4	Охорона праці та безпека життєдіяльності	10.05.2020 – 20.05.2020	Розділ 4
4	Оформлення роботи	20.05.2017 – 03.06.2017	Бакалаврська робота, презентація

8. Основні результати та порядок реалізації роботи

На основі проведених досліджень та розробок було зконструйовано макет пристрою. Матеріали даної роботи будуть використані в подальшому для створення наступних ітерацій.

9. Матеріали які подаються після закінчення етапів та дипломної роботи в цілому.

1. Завдання
2. Технічне завдання
3. Пояснювальна записка
4. Презентація

10. Порядок приймання дипломної роботи та її етапів

1. Захист етапів дипломної роботи та науковому керівнику.
2. Захист дипломної роботи перед комісією на кафедрі.
3. Захист дипломної роботи перед екзаменаційною комісією.

Виконавець

Куций І.О.

Керівник

Титенко О.Т.

ДОДАТОК Д

Розрахунок ДП

5.2.1 Розрахунок для сигнальних ланцюгів:

Мінімальне значення ширини провідника у вузькому місці (за класом точності 4):

$$t_{\min D_S} := 0.15 \text{ mm}$$

Допуск на ширину провідника (нижнє значення):

$$\Delta t_{II}{}_S := -0.03 \text{ mm}$$

$$t_{IV}{}_S := t_{\min D_S} + |\Delta t_{II}{}_S| = 0.18 \cdot \text{mm}$$

Мінімальне значення ширини провідника у широкому місці:

$$t_{\min D_S} := 0.25 \text{ mm}$$

Вибираємо за класом точності 3 (на один менше

Допуск на ширину провідника:

$$\Delta t_{III}{}_S := -0.1 \text{ mm}$$

$$t_{III}{}_S := t_{\min D_S} + |\Delta t_{III}{}_S| = 0.35 \cdot \text{mm}$$

Мінімально допустима ширина провідників з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%)

Питомний опір провідників:

$$\rho_w := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$l_S := 0.070 \text{ m}$$

Довжина провідника:

$$h_S := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

Товщина фольги:

$$U_{\text{ææ}}{}_S := 5 \text{ V}$$

Прикладена напруга

$$I_{\max}{}_S := 0.1 \text{ A}$$

Максимальний струм

$$t2_S := \frac{l_S \cdot I_{\max}{}_S \cdot \rho}{h_S \cdot U_{\text{ææ}}{}_S \cdot 0.03} = 0.023 \text{ mm}$$

Мінімально допустима ширина провідника з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм:

$$I_{\max}{}_S := 0.1 \text{ A}$$

Товщина фольги:

$$h_S := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

Допустима щільність струму в провіднику (A/mm^2)

$$j_S := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$t3_S := \frac{I_{\max}{}_S}{h_S \cdot j_S} = 0.143 \text{ mm}$$

5.2.2 Розрахунок для силових ланцюгів

Мінімальне значення ширини провідника у вузькому місці (за класом точності 4):
 $t_{minDp} := 0.15 \text{ mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє значення):

$$\Delta t_{iiP} := -0.03 \text{ mm}$$

$$t_{1Vp} := t_{minDp} + |\Delta t_{iiP}| = 0.18 \text{ mm}$$

Мінімальне значення ширини провідника у широкому місці:

$$t_{minDp} := 0.25 \text{ mm}$$

Допуск на ширину провідника (нижнє значення): $\Delta t_{iiP} := -0.1 \text{ mm}$

$$t_{1IIP} := t_{minDp} + |\Delta t_{iiP}| = 0.35 \text{ mm}$$

Мінімально допустима ширина провідника з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

$$\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$l_p := 0.08 \text{ fr}$$

Довжина провідника

$$h_p := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

Товщина фольги

$$U_{\text{ææ}p} := 400 \text{ V}$$

Прикладнена напруга

$$I_{\text{max}p} := 1 \text{ A}$$

Максимальний струм

$$t_{2p} := \frac{l_p \cdot I_{\text{max}p} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{\text{ææ}p} \cdot 0.03} = 3.333 \times 10^{-3} \cdot \text{mm}$$

Мінімально допустима ширина провідника з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

$$I_{\text{max}p} := 1 \text{ A}$$

Максимальний струм

$$h_p := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

Товщина фольги-

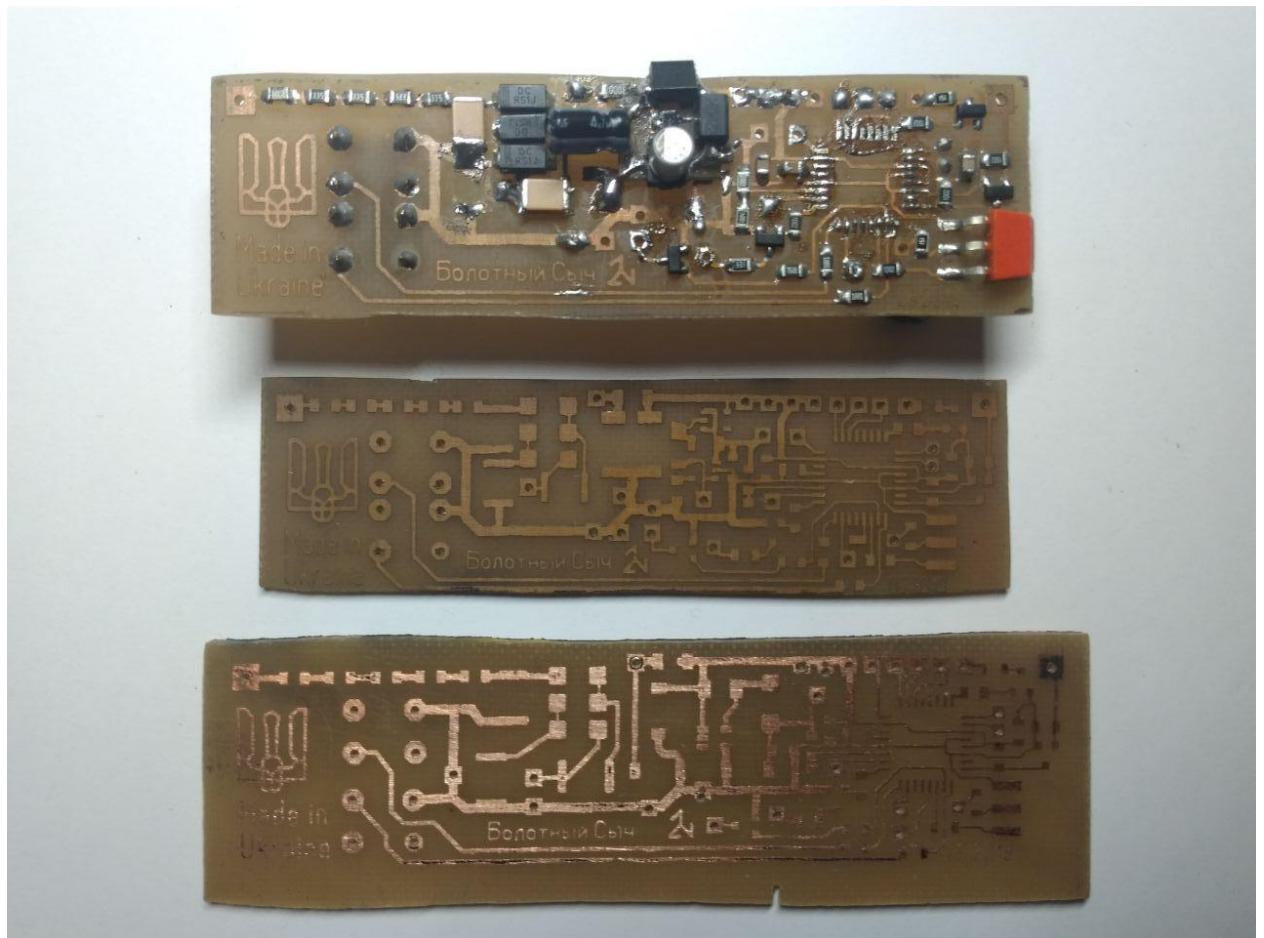
$$j_p := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Допустима щільність струму в провіднику

$$t_{3p} := \frac{I_{\text{max}p}}{h_p \cdot j_p} = 1.429 \text{ mm}$$

ДОДАТОК Е

Прототипування друкованих плат



ДОДАТОК Є

Макет



ДОДАТОК Ж

Розрахунок вібростійкості

Модуль пружності $E := 3.02 \cdot 10^{10} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

Густина $\rho := 1.3 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Коефіцієнт Пуассона $\xi := 0.22$

Маса встановлених компонентів: $M := 0.01 \text{ kg}$

Визначення маси плати:

$$mn := \rho \cdot h \cdot a \cdot b = 7.15 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

Визначення приведеної маси плати із встановленими компонентами:

$$m := \frac{mn + M}{a \cdot b} = 6.236 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Розрахунок циліндричної жорсткості:

$$D := \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \xi^2)} = 21.157 \text{ J}$$

Розрахунок коефіцієнту β :

$$\beta := \frac{a}{b} = 4.4 \quad +$$

Визначення частотної функції $\varphi(\beta)$:

$$\varphi := \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{1 + 1.621 \cdot \frac{\xi}{\beta} + \frac{1}{\beta^2}}{1 + 1.621 \cdot \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6}}} = 10.405$$

Визначення власної частоти коливань плати:

$$f := \frac{\varphi}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} = 252.078 \frac{1}{\text{s}}$$
